

SDOCID: &lt;WO\_\_\_\_\_02087909A1\_I\_&gt;

- 2 -

Fahrzeug selbst erzeugt. Um die gewünschte Kraft zwischen Rad und Fahrzeugaufbau bereitstellen zu können, ist ein Aktuator erforderlich.

5 Es sind aktive Fahrwerke bekannt, welche hydraulische Dämpfer mit veränderbarer Dämpfungsrate aufweisen. Nachteilig an diesen Systemen ist, dass für das aktive Fahrwerk ein komplettes hydraulisches System, bestehend aus Pumpe, Speichern, Leitungen, Regelventilen,  
10 Arbeitszylindern und andere mehr, erforderlich ist. Dieses hydraulische System erhöht die Kosten des Fahrzeugs und dessen Gewicht, was sich in einem erhöhten Kraftstoffverbrauch niederschlägt. Außerdem müssen die elektrischen Steuersignale eines das aktive Fahrwerk  
15 regelnden Steuergeräts in eine hydraulische Steuerbewegung umgesetzt werden. Dieser Übergang von elektrischen Steuersignalen auf eine hydraulische Steuerbewegung erfordert einen gewissen technischen Aufwand. Außerdem kann die in das Hydrauliksystem durch die Hydraulikpumpe  
20 eingebrachte Energie nicht wieder ausgekoppelt werden, sondern wird in Wärme umgewandelt. Schließlich können solche aktiven Fahrwerke Wank- und Nickbewegungen der Fahrzeugaufbaus nicht ohne erhebliche Komforteinbußen unterdrücken.

25 Aus der DE 198 38 669 A1 ist ein Fahrzeug bekannt, bei dem die bei einer Kurvenfahrt auftretenden Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus dadurch kompensiert werden, dass ein auf die Federn des Fahrzeugs wirkender Stellmotor die  
30 Vorspannung der kurvenäußeren Federn erhöht. Art und Ausführung des Stellmotors werden in dieser Druckschrift nicht beschrieben.

Aus der DE 42 04 302 A1 ist ein elektromagnetisches  
35 Stellglied gekannt, welches dazu dient, den Abstand

- 4 -

Getriebe mit Selbsthemmung aufweist.

#### Vorteile der Erfindung

5 Durch die Verwendung eines elektrischen Aktuators kann auf ein Hydrauliksystem vollständig verzichtet werden. Dadurch werden erhebliche Kosten eingespart und außerdem kann der elektrische Aktuator so angesteuert werden, dass das dynamische Verhalten der aktiven Federung verbessert wird.  
10 Das Betriebsverhalten eines aktiven Fahrwerks mit Hydrauliksystem hängt bspw. von der Betriebstemperatur des Hydraulikfluids ab, da dessen Viskosität temperaturabhängig ist. Bei einem elektrischen Aktuator hingegen, kann durch Abspeichern eines entsprechenden Kennfeldes oder  
15 entsprechender Kennlinien in einem Steuergerät das Betriebsverhalten des Aktuators optimal an die Erfordernisse angepasst werden. Dadurch verbessert sich das Betriebsverhalten der erfindungsgemäßen aktiven Federung gegenüber dem einer aktiven Federung mit hydraulischem  
20 Aktuator.

Gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten elektromagnetischen Aktuator ergibt sich durch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Aktuators eine erheblich  
25 Einsparung an elektrischer Energie, da der Antriebsmotor nur dann bestromt werden muß, wenn eine Stellbewegung ausgeführt werden soll. Ursächlich hierfür ist die Verwendung eines Getriebes mit Selbsthemmung, wie z. B. eines Schneckengetriebes.

30 Bei verschiedenen Varianten der Erfindung ist vorgesehen, dass parallel oder im Reihe mit dem Aktuator ein Dämpfer und/oder eine Feder vorgesehen ist, so dass der erfindungsgemäße Aktuator nicht die gesamten zwischen  
35 Fahrzeugaufbau und Rad wirkenden Kräfte übertragen muss,

- 6 -

In weiterer Fortbildung der erfindungsgemäßen aktiven  
Federung steuert ein Steuergerät den Aktuator und/oder den  
elektrischen Dämpfer in Abhängigkeit der  
5 Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs, der Nickrate, der  
Wankbewegung des Fahrzeugaufbaus und/oder des  
Beladungszustands an, so dass die aktive Federung, abhängig  
von der momentanen Fahrsituation, immer ein optimales  
Betriebsverhalten aufweist.

10 Zur weiteren Verbesserung des Betriebsverhaltens kann der  
Generator des elektrischen Dämpfers auch motorisch  
betrieben werden. Dadurch kann der elektrische Aktuator  
unterstützt werden und das Betriebsverhalten der  
15 erfindungsgemäßen aktiven Federung kann weiter verbessert  
werden.

Zur Steuerung des Generators kann das Steuergerät die  
Winkellage von Rotor- und Statorfeld und/oder die  
20 Stromamplitude des Generators steuern.

Zur weiteren Verbesserung des mit einer erfindungsgemäßen  
aktiven Federung ausgestatteten Fahrzeugs kann vorgesehen  
sein, die erfindungsgemäße aktive Federung an allen Rädern  
25 des Fahrzeugs, mindestens jedoch an den Rädern einer  
Fahrzeugachse, vorzusehen. Wenn die aktive Federung an  
allen Rädern eines Fahrzeugs angeordnet ist, können die  
Unterdrückung der Nick- und Wankbewegungen sowie eine  
automatische Niveauregulierung ohne zusätzlichen Aufwand  
30 integriert werden.

In weiterer Ergänzung der Erfindung ist der Antriebsmotor  
und/oder der Generator über einen Umformer mit einem  
elektrischen Bordnetz oder einem elektrischen Speicher  
35 gekoppelt, so dass einerseits die Stromversorgung der

- 8 -

nicht dargestellt. Das Rad 7 bewegt sich in Richtung des Pfeils 9 über eine unebene Fahrbahn. Dadurch entsteht eine durch einen Doppelpfeil 13 angedeutete lineare Relativbewegung zwischen Fahrzeugaufbau 1 und Rad 7 sowie Radführung 5. Bei einer konventionellen Federung werden die zwischen Fahrzeugaufbau 1 und Rad 7 bzw. Radaufhängung 5 wirkenden Kräfte über eine Feder und einen hydraulischen Dämpfer übertragen.

Bei der erfindungsgemäßen aktiven Federung gemäß Figur 1 ist in Reihe zu einer Feder 15 ein elektrischer Aktuator 17 angeordnet. Die Länge des Aktuators 17 kann in Richtung des Doppelpfeils 19 verändert werden. Dadurch erhöht sich auch die Vorspannung der Feder 15 und somit auch die zwischen Fahrzeugaufbau 1 und Radaufhängung 5, bzw. Rad 7 wirkenden Kräfte. Der elektrische Aktuator 17 weist einen Antriebsmotor 21 sowie ein Getriebe 23 auf. Aufbau und Wirkungsweise des elektrischen Aktuators 17 gemäß erstem Ausführungsbeispiel werden an Hand der Figur 2 nachfolgend detailliert erläutert.

Parallel zu dem elektrischen Aktuator 17 und der Feder 15 ist ein elektrischer Dämpfer 25 vorgesehen. Der elektrische Dämpfer 25 besteht im Wesentlichen aus einem Getriebe 27 sowie einem Generator 29. Das Getriebe 27 setzt die Linearbewegung in Richtung des Doppelpfeils 13 in eine Drehbewegung, angedeutet durch den kreisförmigen Doppelpfeil 31, um. Diese Drehbewegung setzt der Generator 29 in elektrische Energie um. Über einen Umformer 33 wird die vom Generator erzeugte elektrische Energie in ein Bordnetz 35 oder einen nicht dargestellten elektrischen Speicher eingekoppelt. Der Antriebsmotor 21 des Aktuators 17 wird ebenfalls vom Bordnetz 35 über den Umformer 33 mit elektrischer Energie versorgt. Angesteuert werden sowohl elektrischer Aktuator 17 als auch elektrischer Dämpfer 25

-10-

Radführung 5 wird die Vorspannung der Feder 15 geändert. Elektrischer Aktuator 17 und Feder 15 sind bei diesem Ausführungsbeispiel in Reihe geschaltet.

5 In der Feder 15 ist ein elektrischer Dämpfer 25 integriert, dessen Aufbau und Funktionsweise nachfolgend erläutert werden. Über eine Hülse 55 sind Federteller 53 und eine Kugelgewinde-Mutter 57 drehfest miteinander verbunden. In die Kugelgewinde-Mutter 57 ist eine Gewindespindel 59  
10 eingedreht. Die Kraftübertragung zwischen Kugelgewinde-Mutter 57 und Gewindespindel 59 erfolgt über Kugeln 61 die in an sich bekannter Weise in der Kugelgewinde-Mutter 57 umlaufen. Da die Hülse 55 drehfest mit dem Federteller 53 oder der Radführung 5 verbunden ist, führt jede Änderung  
15 des Abstands zwischen Kugelgewinde-Mutter 57 und Fahrzeugaufbau 1 zu einer Drehbewegung der Gewindespindel 59. Das als Kugelgewindegetriebe ausgeführte Getriebe 25 setzt die durch den Doppelpfeil 13 angedeutete Linearbewegung (siehe Figur 1) in eine rotatorische  
20 Bewegung der Gewindespindel 59 um. Die Gewindespindel 59 ist mit einem Rotor 62 des Generators 29 gekoppelt. Der Rotor 62 ist in einem Gehäuse 63 des Generators 29 drehbar gelagert. Zusammen mit einem in Figur 2 nicht dargestellten Stator wird durch eine Drehbewegung des Rotors 62  
25 elektrische Energie im Generator 29 erzeugt und, wie an Hand der Figur 1 erläutert, über einen Umformer 33 in ein Bordnetz 35 eingespeist.

30 Das als Kugelgewinde ausgeführte Getriebe 25 gemäß Figur 2 weist keine Selbsthemmung auf, sondern kann in beide Richtungen Linearbewegungen zwischen Kugelgewinde-Mutter 57 und Fahrzeugaufbau 1 in eine Drehbewegung der Gewindespindel 59 umsetzen.

35 An Hand der Figur 3 wird ein zweites Ausführungsbeispiel

-12-

Gehäuse 63 integriert. Das Getriebe 23 des elektrischen Aktuators 17 ist als Rollengewindegetriebe ausgebildet. Der Rotor 62 des Antriebsmotors 21 ist über eine Kupplung 67 mit einer in dem Zwischenstück 65 gelagerten  
5 Rollengewindespindel 69 verbunden. Eine Rollengewinde-Mutter 71 ist über ein Gummielement 73 mit dem Fahrzeugaufbau 1 verbunden. Zwischen der Rollengewindespindel 69 und der Rollengewinde-Mutter 71 sind mehrere Gewinderollen 75 angeordnet. Die Gewinderollen  
10 75 sind auf Achsen 77 fixiert und übertragen die Drehbewegung der Rollengewindespindel 69 auf die Rollengewinde-Mutter 71. Die Rollengewinde-Mutter 71 führt infolgedessen eine lineare Bewegung in Richtung der Längsachse der Rollengewindespindel 69 aus und ändert somit  
15 den Abstand zwischen Fahrzeugaufbau 1 und Radführung 5.

Der elektrische Aktuator kann alternativ am Fahrzeugaufbau 1 oder der Radaufhängung 5 (nicht dargestellt) angeordnet werden.

20 Angesteuert werden sowohl elektrischer Aktuator 17 als auch elektrischer Dämpfer 25 von dem Steuergerät 37, welches auch die gesamte Fahrzeug-Stabilitätsregelung übernehmen kann. Die Ansteuerung des elektrischen Aktuators 17 vom  
25 Steuergerät 37 und/oder des elektrischen Dämpfers 25 erfolgt unter anderem in Abhängigkeit von der Fahrzeugbelastung, relativer Lage von Fahrzeugaufbau 1 und Radführung 5 zueinander sowie der zeitlichen Ableitungen der Änderungen der relativen Lage. Wenn an jedem Rad des  
30 Fahrzeugs eine erfindungsgemäße aktive Federung 3 vorgesehen ist, können eine Niveauregulierung, eine Unterdrückung der Wank- und Nickbewegungen des Fahrzeugs sowie ein gesteigerter Fahrkomfort in Verbindung mit erhöhter Fahrsicherheit realisiert werden. Dabei ist wegen  
35 der vollständig elektrischen Ausführung der

5

## Ansprüche

- 10      1.    Aktive Federung für ein Rad eines Fahrzeugs, wobei das  
Rad (7) über eine Radführung (5) mit einem Fahrzeugaufbau  
(1) gekoppelt ist, mit einem elektrischen Aktuator zur  
Steuerung der relativen Lage von Rad (7) und Fahrzeugaufbau  
(1) und/oder der zwischen Rad (7) und Fahrzeugaufbau (1)  
15      wirkenden Kräfte, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktuator  
(17) einen elektrischen Antriebsmotor (21) und ein Getriebe  
(23) mit Selbsthemmung aufweist.
- 20      2.    Aktive Federung nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass parallel oder in Reihe mit dem  
Aktuator (17) ein Dämpfer (25) vorgesehen ist.
- 25      3.    Aktive Federung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass parallel oder in Reihe mit dem  
Aktuator (17) eine Feder (15) vorgesehen ist.
- 30      4.    Aktive Federung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe ein  
Schneckengetriebe (23) oder ein Rollengewinde-Getriebe (71,  
73, 75) ist.
- 35      5.    Aktive Federung nach Anspruch einem der Ansprüche 2  
bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Dämpfer ein



-16-

13. Aktive Federung nach einem der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (29) auch motorisch betrieben werden kann.

5

14. Aktive Federung nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (37) die Winkellage von Rotor- und Statorfeld und/oder Steuerung der Stromamplitude des Generators (29) steuert.

10

15. Aktive Federung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die aktive Federung (3) an allen Rädern (7), mindestens jedoch an den Rädern einer Fahrzeugachse vorgesehen ist.

15

16. Aktive Federung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsmotor (21) und/oder der Generator (29) über einen Umformer (33) mit einem elektrischen Netz (35) oder einem elektrischen Energie-Speicher gekoppelt ist.

20



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No  
PCT/DE 02/01421

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B60G17/015 B60G17/02 F16F1/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60G F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 731 951 A (FICHEL & SACHS AG) 27 September 1996 (1996-09-27)	1-4
Y		5-11, 13-15
A	page 2, line 19 - line 24; figures 2,3 ---	12,16
Y	US 5 060 959 A (PATIL PRABHAKAR B ET AL) 29 October 1991 (1991-10-29) column 10, line 25 - line 43; figure 7 ---	5-11, 13-15
A	US 4 815 575 A (MURTY BALARAMA V) 28 March 1989 (1989-03-28) column 1, line 43 - line 52; figure 1 ---	5
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2002

Date of mailing of the international search report

10/09/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Savelon, O

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/01421

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2731951	A	27-09-1996	DE 19510032 A1	26-09-1996
			ES 2129319 A1	01-06-1999
			FR 2731951 A1	27-09-1996
			IT MI960448 A1	08-09-1997
			JP 2849905 B2	27-01-1999
			JP 8276882 A	22-10-1996
US 5060959	A	29-10-1991	CA 1336616 A1	08-08-1995
			DE 68921534 D1	13-04-1995
			DE 68921534 T2	20-07-1995
			EP 0363158 A2	11-04-1990
			JP 2120113 A	08-05-1990
			US 5027048 A	25-06-1991
US 4815575	A	28-03-1989	NONE	
EP 0840030	A	06-05-1998	IT B0960558 A1	04-05-1998
			EP 0840030 A2	06-05-1998
US 5553836	A	10-09-1996	NONE	

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	EP 0 840 030 A (PAIOLI SPA) 6. Mai 1998 (1998-05-06) Spalte 2, Zeile 21 - Zeile 36 Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 10; Abbildung 2 -----	1
A	US 5 553 836 A (ERICSON W KEITH) 10. September 1996 (1996-09-10) Spalte 3, Zeile 48 - Zeile 62; Abbildung 3 -----	1